

# 熱雑音を利用する単電子回路のための信号増幅回路設計とその応用

## Design of signal amplification circuit and its application to thermal-noise-harnessing single-electron circuit

田口 愛梨<sup>1</sup>, 大矢 剛嗣<sup>1,2</sup> (1 横国大理工, 2 横国大 IMS)

Airi Taguchi<sup>1</sup>, Takahide Oya<sup>1,2</sup>

1 College of Eng. Sci., Yokohama Nat'l Univ., 2 IMS, Yokohama Nat'l Univ.

E-mail: taguchi-airi-zd@ynu.jp

### 1. 研究背景・目的

近年ナノテクノロジーが発展し、様々なナノデバイスが開発が進んでいる。その一つに単電子デバイス/回路があるが、ノイズに非常に弱いことが知られている。ノイズはシステムにおいて障害とみなされ、一般的には排除される。しかし、生体では確率共鳴と呼ばれる現象を巧みに利用し、高精度なセンシング等にノイズが活用されている。

本研究では確率共鳴現象を取り入れ、ノイズを利用して動作する単電子回路として、三連単電子箱回路を用いた信号増幅回路の設計、論理回路への応用を目的とする。

### 2. 研究内容

本研究では、これまでに設計した単電子メモリ対回路にて、ノイズを利用し所望の動作をすること、論理回路への応用展開が可能であることを報告している<sup>[1]</sup>。一方で、出力振幅が減少するという課題が残されていた。前回の報告では、単電子箱を三つ相互に作用するよう接続した回路である、三連単電子箱回路を設計した。三連単電子箱回路は三安定性を示し、熱雑音を利用する挙動を確認した<sup>[2]</sup>。そこで今回は三連単電子箱回路を用いた信号増幅回路の設計を行い、その応用として、出力振幅減少の課題を克服する全加算器を検討する。

今回設計した信号増幅回路 (Fig. 1) は、三連単電子箱回路に RC 積分回路を接続した構造をとる。RC 積分回路を導入することで出力を安定させることができる。また出力を見る際には Fig. 1 の回路において並列加算ネットワーク<sup>[3]</sup>を構成し、25 個の出力の和を見る。Fig. 1 より、入力電圧に対して出力電圧が反転増幅することが確認された。

そこで、これまでに設計された全加算器<sup>[1]</sup>に、信号増幅回路を接続し、出力振幅が入力振幅と等しい全加算器へと改良を行った。増幅前後の出力を

比較すると、信号増幅回路によって論理 1 に対応する出力が 20mV まで増幅した (Fig. 2)。全加算器において、論理 1 の入力は 20mV であることから、改良した全加算器が期待通りの動作を示すことを確認できた。詳細は講演にて述べる。

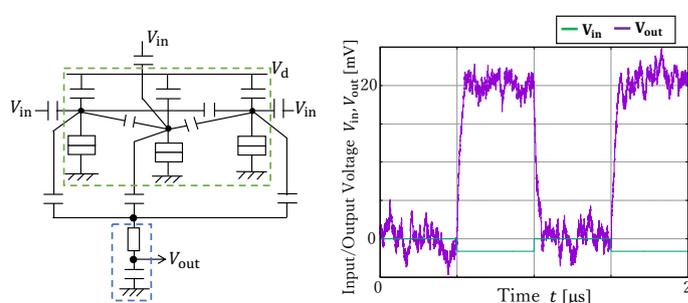


Fig. 1 Signal amplification circuit using triple single-electron box circuit.

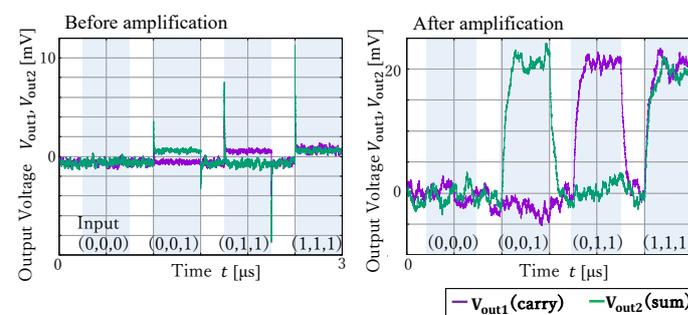


Fig. 2 Simulation result of 1 bit-full adder.

### 【参考文献】

- [1] R. Kaide, et al., JJP **60**, 085001 (2021).
- [2] 田口愛梨 他, 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-D63-5, (2024).
- [3] J.J. Collins, et al., Nature **376**, 236 (1995).

### 【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費・基盤研究(A)(JP23H00169)の助成を受け実施された。